

УДК 629.4.016.1

*А. П. Фалендиш, д.т.н., професор
(завідувач кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)
Д. А. Іванченко
(асистент кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)*

РОЗРОБКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ТЕПЛОВОЗА ЯК ОБ'ЄКТА ВИПРОБУВАНЬ

Розглянута проблема оновлення тягового рухомого складу залізниць України та задачі, які поставлені для її вирішення. Проаналізовані напрями модернізації тепловозів, характерні для експлуатаційних умов українських залізниць. Проведений аналіз методів формалізованого описання конструкцій транспортних технічних засобів. Відмічена необхідність подальшого розвитку методів формалізованого описання технічних систем залізничного транспорту, зокрема тепловозів. Вибраний підхід з використання теорії множин для систематизації структурних елементів тепловозів та їх функцій. Впорядковані підсистеми тепловоза за ознаками фізичних процесів, на яких базується їхнє функціонування. Представлене дворівневе блочно-функціональне описання роботи тепловоза в цілому та його підсистем. Приведені результати композиції структурно-функціональної схеми маневрового тепловоза ЧМЕЗ.

Ключові слова: залізничний транспорт, модернізація, техніко-економічні показники, тепловоз, теорія множин.

Рассмотрена проблема обновления тягового подвижного состава железных дорог Украины и задачи, поставленные для ее решения. Проанализированы направления модернизации тепловозов, характерные для условий эксплуатации украинских железных дорог. Проведен анализ методов формализованного описания конструкций транспортных технических средств. Отмечена необходимость дальнейшего развития методов формализованного описания технических систем железнодорожного транспорта, в частности тепловозов. Выбранный подход по использованию теории множеств для систематизации структурных элементов тепловозов и их функций. Упорядоченные подсистемы тепловоза по признакам физических процессов, на которых базируется их функционирование. Представлено двухуровневое блочно-функциональное описание работы тепловоза в целом и его подсистем.

© Фалендиш А. П., Іванченко Д. А., 2015

Приведены результаты композиции структурно-функциональной схемы маневрового тепловоза ЧМЭЗ.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, модернизация, технико-экономические показатели, тепловоз, теория множеств.

Постановка проблеми. Першочергове завдання залізничного транспорту України полягає у забезпеченні оновлення та модернізації тягового рухомого складу (ТРС). Оновлення ТРС може здійснюватися як за рахунок нової техніки, так і за рахунок модернізації існуючого парку [1-3]. В рамках проблеми оновлення ТРС існує задача розробки концепції та вибору видів випробувань, які виконуються перед допуском ТРС в експлуатацію і входять у приймальні випробування. При цьому мають бути проведені випробування на відповідність всім обов'язковим вимогам нормативної документації [4].

Існуючі різні шляхи модернізації тепловозів потребують обґрунтованих методів вибору видів випробувань з метою оптимізації витрат і ефективності їх проведення. Для цього необхідно вирішити питання формалізованого описання конструкцій тепловозів та систематизувати показники, характеристики, функції та види випробувань у їх взаємозв'язку.

Аналіз досліджень і публікацій. В роботі [5] були встановлені різні види приймальних випробувань, які проводяться як для нових, так і модернізованих тепловозів. В залежності від конструкції тепловоза та типу модернізації формується мета випробувань, від якої залежить вибір видів та програми приймальних випробувань. Існуючі підходи [2, 6] використовуються у дослідженні особливостей конструкції тепловозів, їх структури та взаємозв'язків між системами та вузлами конструкції. Серед них особливу роль відіграє механічна система тепловоза. Але тепловоз, як об'єкт досліджень виступає складною технічною системою, яка включає крім механічної, електричну, теплотехнічну, пневматичну частину. І, як показує досвід модернізацій тепловозів, істотні зміни впроваджуються саме в електричних, теплотехнічних та пневматичних системах. Наприклад, заміна генератора з постійного на змінний струм, впровадження мікропроцесорного управління, форсування дизеля за рахунок наддуву, використання гвинтових компресорів замість поршневих, та ін. Тобто виникає необхідність у формалізованому описанню усіх систем та різних за фізичною природою робочих процесів, які складають сучасний тепловоз.

Мета статті – систематизація підсистем та розробка структурно-функціональної схеми тепловозів, як об'єкта випробувань.

Основний матеріал дослідження. Приймальні випробування тепловоза мають завдання по визначенню відповідності деякої множини аспектів вимогам, що забезпечують ефективне використання тепловозів в експлуатації на залізницях. Обсяг цієї множини можливо визначити:

1. Через множину систем, що складають тепловоз.
2. Через множину функцій, що повинні забезпечити використання тепловозів в експлуатації.
3. Через множину вимог, що висуваються до тепловоза в цілому та до його окремих підсистем.

Множина систем S (таблиця 1, рисунок 1) вміщує в себе як базові елементи, що характеризують локомотив саме як тепловоз (системи дизель, передача потужності, екіпаж, допоміжне обладнання та авто гальмування), так і системи, що

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

надбудовувалися в процесі розвитку конструкції і функціональності тепловозів (електропривод допоміжних систем, електронні блоки керування, контролю і захисту, електронні регулятори, системи центрального повітропостачання та ін.).

Дані елементи множини S об'єднуються в такі підмножини:

- механічне обладнання $M \subseteq S$;
- електричне обладнання $E \subseteq S$;
- теплотехнічне обладнання $T \subseteq S$.

Згідно з теорією множин пересічення вказаних множин є множини систем, робота яких пов'язана з різними за природою робочими процесами.

Таблиця 1. Елементи множини системи S тепловоза

№	Система	Позначення	№	Система	Позначення
1	Рама візка	RT	20	Головний вентилятор	GV
2	Головна рама	GR	21	Двомашинний агрегат	DA
3	Шкворень	Shk	22	Вентилятори охолодження тягових електродвигунів	VTD
4	Опора головної рами	OGR	23	Регулятор дизеля	REG
5	Кузов	K	24	Масляна система	MS
6	Букса	B	25	Маслопрокочуючий насос	MPN
7	Автозчеп	A	26	Водомасляний теплообмінник	VMT
8	Ресорне підвішування	RP	27	Водяна система	SO
9	Балансир	Bal	28	Холодильник	OU
10	Пісочне обладнання	PO	29	Гідромеханічний редуктор	GMR
11	Колісна пара	KP	30	Пневматичний компресор	PK
12	Тяговий редуктор	TR	31	Пневматична система гальмування	PS
13	Дизель	D	32	Контролер машиніста	CU
14	Паливна система	TS	33	Акумуляторна батарея	AB
15	Паливopідігрівач	TP	34	Тяговий генератор	TG
16			35	Тяговий двигун	TD
17	Паливopідкачуючий насос	TPN	36	Збуджувач	V
18	Ручний паливний насос	RTN	37	Допоміжний генератор	VG
19	Система наддуву повітря (турбокомпресор)	SN	38	Обмотка збудження збуджувача	OVV

$$M \cap T := \{s \mid s \in M, s \in T, s \in S\}, \quad (1)$$

$$M \cap E := \{s \mid s \in M, s \in E, s \in S\}, \quad (2)$$

$$T \cap E := \{s \mid s \in T, s \in E, s \in S\}. \quad (3)$$

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

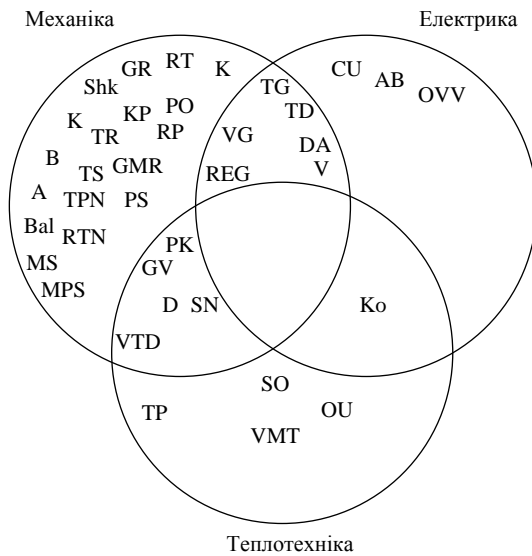


Рис. 1. Множини підсистем тепловозів

У результаті проведена систематизація типових підсистем тепловозів, серед яких виділені елементи, в яких протікають різні за фізичної природою фізичні процеси. Це дає можливість оцінити структурну будову тепловоза.

Далі виконаний аналіз роботи тепловозу через множини його функцій. Функції розглядаються на двох рівнях відповідно до основних систем (силова установка, передача потужності, екіпажна частина, допоміжне обладнання) та їх підсистем. Функція може включати в себе кілька менш масштабних функцій. Функції проявляються в робочому процесі. Кожний робочий процес характеризується відповідними параметрами. Результати аналізу представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Систематизація функцій тепловоза

Функції першого рівня				
1. Передача тягових, гальмівних, статичних, динамічних зусиль за умови стійкого, плавного руху по рейковому шляху	2. Перетворення внутрішньої енергії палива в механічний рух	3. Управління механічним рухом з метою отримання заданої тягової сили	4. Автоматичне, автоматизоване і ручне управління необхідним гальмівним зусиллям	5. Забезпечення всього обладнання тепловоза заданої енергією, управлінням, контролем, сигналізацією і захистом. Розміщення робочого місця машиніста
Функції другого рівня				
1.1 Передача тягових і гальмівних зусиль	2.1 Автоматичне регулювання потужності силової установки	3.1 Повне використання вільної потужності дизеля	3.4 Забезпечення стиснення повітрям	5.1 Подача піску під колісні пари
1.2 Передача вертикальних і горизонтальних зусиль від ваги устаткування тепловоза і від взаємодії з верхньою будовою колії	2.2 Очищення, підігрів і подача палива	3.2 Формування тягової характеристики	3.5 Службове, екстрене гальмування	5.2 Електричний привід вентиляторів охолодження ТЕД, ВУ, дизеля, резисторів ЕДТ

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

Продовження таблиці 2				
1.3 Зниження прискорень до заданих рівнів при русі на всьому діапазоні допустимих швидкостей	2.3 Очищення, подача і наддув повітря	3.3 Виявлення і захист від буксування	3.6 Автостоп	5.3 Електричний привід компресора
1.4 Гасіння коливань тепловоза при русі на всьому діапазоні допустимих швидкостей	2.4 Вихлоп відпрацьованих газів	3.4 Обмеження тягового струму і напруги	3.7 Ступінчастий і повний отпуск	5.4 Забезпечення ланцюгів управління постійною напругою
1.5 Сталий рух по рейковому шляху на прямих ділянках і в кривих заданого радіуса	2.5 Зберігання, подача та охолодження охолоджуючої рідини для охолодження силової установки	3.5 Захист від перевантаження дизеля	3.8 Ліквідація понадзрядного тиску	5.5 Зарядка акумуляторної батареї
1.6 Автоматичне зчеплення і відчеплення з рухомим складом	2.6 Змащення частин тертя силової установки	3.6 Виявлення і захист від буксування	3.9 Скидання вологи з резервуарів	5.6 Пожежна сигналізація і захист
1.7 Зберігання запасу палива, піску	2.7 Охолодження змащувального масла		3.10 Допоміжне гальмо	5.7 Блокування тягової схем
1.8 Розміщення обладнання і кабіни управління	2.8 Охолодження наддувного повітря		3.11 Ручне гальмо	5.8 Контроль, сигналізація і захист

Після визначення множин структурних елементів та їх функцій розробляється структурно-функціональна схема тепловоза. Вона представляє собою графову модель, у вершинах якої розміщуються структурні елементи – підсистеми тепловоза, що об'єднуються у відповідну систему. Від кожної вершини виходять ребра, що відповідають функціям, які направлені до іншої вершини у відповідності до передачі енергії, матеріалу, інформації та інших впливів. Для прикладу така схема представлена для тепловоза ЧМЕЗ, який проходить тепер різні види модернізацій на залізницях України (рис. 2).

Висновки і перспективи подальшого використання. Наведені в статті матеріали, а також результати досліджень продовжили розвиток методів формалізованого описання конструкції технічних засобів залізничного транспорту. Наведений приклад розробки структурно-функціональної схеми маневрового тепловоза ЧМЕЗ в подальшому може використовуватись для вирішення питань модернізації та випробувань тепловозів, а також в науково-дослідних та дослідно-конструкторських роботах, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації ТРС.

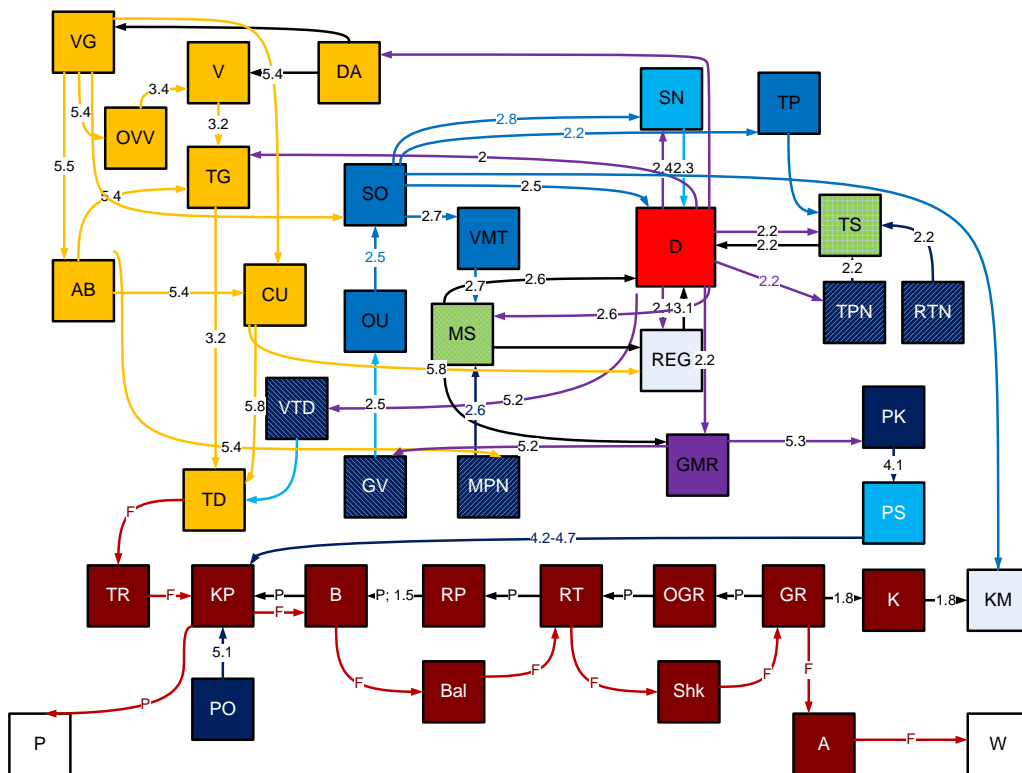


Рис. 2. Структурно-функціональна схема тепловоза ЧМЕЗ

ЛІТЕРАТУРА

1. Тартаковский, Э. Д. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин, А. П. Фалендыш. – Луганск : Ноулидж, 2011. – 173 с.
2. Фомін, О.В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва: монографія / О.В.Фомін. – Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013. – 251с.
3. Фомін, О.В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів: монографія/ О. В. Фомін. – Київ: ДЕГУТ, 2014. – 299 с.
4. Іванченко, Д. А. Методы и модели выбора объема испытаний модернизированного тягового подвижного состава / Д. А. Иванченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – № 1. – С. 257-261.
5. Іванченко, Д. А. Випробування тягового рухомого складу залізниць / Д.А. Іванченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 1 (143). Ч. 2. – С. 72-75.
6. Кельріх, М.Б. Структурно-функціональне описання конструкції модуля кузова сучасних універсальних напіввагонів [Текст] / М.Б. Кельріх, В.І.Мороз, О.В.Фомін // Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2014. – № 2 (210). – С. 94-103.

*Anatoliy P. Falendysh, Doctor of Technical Sciences, Professor
(Head of Thermotechnics and Heat Engines Chair, Ukrainian State University of Railway Transport)*

*Dmytro A. Ivanchenko,
(Assistant of Exploitation and Repair of Rolling Stock Chair, Ukrainian State University of Railway Transport)*

DESIGN OF STRUCTURAL-FUNCTIONAL PLAN OF DIESEL LOCOMOTIVE AS A TEST OBJECT

The problem of renovation of traction rolling stock of railways in Ukraine and the objectives set for its decision. Analyzed trends of modernization of locomotives that are typical operating conditions of Ukrainian railways. The analysis methods formalized description of structures of transport technology. The need for further development of methods of formalized description of the technical systems of rail transport, particularly locomotives. The approach on the use of set theory to organize the structural elements of the locomotives and their functions. Ordered subsystem locomotive on the grounds of physical processes on which to base their operations. Presented by the two-level block-functional description of the operation of the locomotive as a whole and its subsystems. The results of the composition of structural and functional circuits shunting locomotive CHME3.

Keywords: railway, modernization, technical and economic parameters, the locomotive, set theory.

REFERENCES

1. Tartakovskij Je. D., Grishhenko S. G., Kalabuhin Ju. E., Falendysh A. P. *Metody ocenki zhiznennogo cikla tjadgovogo podvizhnogo sostava zheleznyh dorog* [Methods for assessing the life cycle of traction rolling stock of railways], Lugansk, Noulidzh, 2011. 173 p.
2. Fomin, O. V. (2013). *Optymizatsiine proektuvannia elementiv kuzoviv zaliznychnykh napivvagoniv ta orhanizatsiia yikh vyrobnytstva*. Donetsk: DonIZT UkrDAZT, 251.
3. Fomin O. V. (2014) *Doslidgenja defektiv ta poshkodgen nesuchykh system zaliznychnykh napivvagoniv* [Research Of Defects And Damages The Supporting Systems Railway Freight Gondolas]: monograph ISBN 978-966-2197-76-1 // DETUT, Kyiv, Ukraine. – 299 pp.
4. Ivanchenko D. A. *Metody i modeli vybora ob#ema ispytanj modernizirovannogo tjadgovogo podvizhnogo sostava* [Methods and models for determining the extent of test of the modernized traction rolling stock]. *Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo universytetu imeni Volodymyra Dalja* [Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian national university], 2015, issue 1, pp. 257-261.
5. Ivanchenko D. A. *Vyprovuvannja tjadgovogo ruhomogo skladu zaliznyc'* [Tests of traction rolling stock]. *Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo universytetu imeni Volodymyra Dalja* [Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian national university], 2010, issue 1 (part 2), pp. 72-75.
6. Kelrikh, M. B., Moroz, V. I., Fomin, O. V. (2014). *Strukturno-funktsionalne opysannia konstruksii modulua kuzova suchasnykh universalnykh napivvagoniv*. *Visnyk Skhidnoukrai'ns'kogo natsionalnoho universytetu im. V. Dalia*, 2 (210), 94–103.